

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-076453
(43)Date of publication of application : 14.03.2000

(51)Int.Cl.

G06T 7/00
G01B 11/24
G01C 11/04
G06T 17/00

(21)Application number : 10-243660 (71)Applicant : SHIINA KAZUHIRO

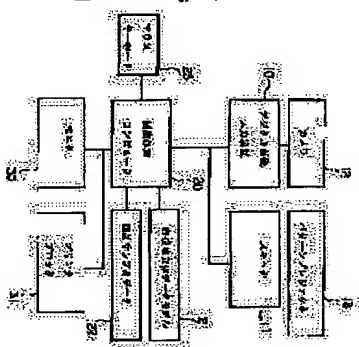
(22)Date of filing : 28.08.1998 (72)Inventor : SHIINA KAZUHIRO

(54) THREE-DIMENSIONAL DATA PREPARING METHOD AND ITS DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a three-dimensional data preparing device capable of precisely preparing three-dimensional data from a photograph or a perspective with a simple constitution and by a simple processing.

SOLUTION: The device is provided with a digital image inputting device 10 and a scanner 11, which fetch a still picture in a space of unknown spatial structure, a means catching the fetched still image as an image projecting the space to identify a view point to the still image based on the positional relation of a three-dimensional data of spatial structure in the still image based on information on the still image and the view point and an image processing computer 20 outputting prepared three-dimensional data.



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-76453
(P2000-76453A)
(43)公開日 平成12年3月14日(2000.3.1)

(51)Int.Cl.

G06T 7/00
G01B 11/24
G01C 11/04
G06T 17/00

識別記号

F I
G06F 15/62 4 1 5 2F065
G01B 11/24 K 5B060
G01C 11/04 5B057
G06F 15/62 3 5 0 A

審査請求 未請求 請求項の数10

OL

(全19頁)

(21)出願番号 特願平10-243660

(22)出願日 平成10年8月28日(1998.8.28)

(71)出願人 598082950

推名 一博

東京都世田谷区站2丁目4番10号テラスK2

(72)発明者 推名 一博

東京都世田谷区站2丁目4番10号テラスK2

(74)代理人 100061273

弁護士 佐々木 崇治 (外3名)

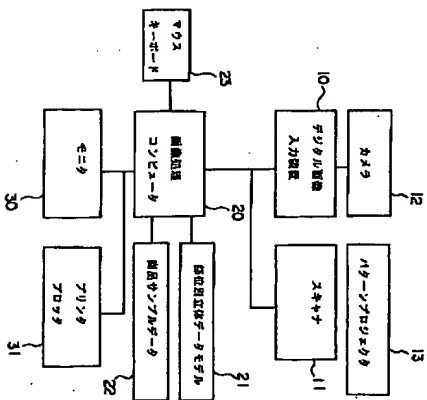
Fターム(参考) 2F065 AA04 B305 FF04 FF05 JJ03

(54) 【発明の名称】 立体データ作成方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 写真やパースから簡単な構成、簡単な処理で精度良く、立体データを作成することのできる立体データ作成装置を提供する。

【解決手段】 空間構造が未知の空間の静止画像を取り込むデジタル画像入力装置10、スキャナ11と、取り込まれた静止画像を空間の投影された画像として捉えて、その静止画像内の直線の位置関係に基づいて、静止画像に対する視点を作り出す手段と、静止画像及び視点の情報に基づいて、静止画像内の空間構造の立体データを作成する手段と、作成された立体データを出力する画像処理コンピュータ20とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 空間構造が未知の空間の静止画像を取り込み、その取り込んだ静止画像内の直線の位置関係に基づいて、前記静止画像に対する視点を作り出し、前記静止画像及び視点の情報に基づいて、前記静止画像内の空間構造の立体データを作成することを特徴とする立体データ作成方法。

【請求項2】 空間構造が未知の空間の静止画像を取り込む手段と、

前記取り込まれた静止画像を空間の投影された画像として捉え、その静止画像内の直線の位置関係に基づいて、前記静止画像に対する視点を作り出す手段と、前記静止画像及び視点の情報に基づいて、前記静止画像内の空間構造の立体データを作成する手段と、作成された立体データを出力する手段とを備えることを特徴とする立体データ作成装置。

【請求項3】 同一対象空間の視点の異なる静止画像の画像情報から得られた立体データを照合し、前記同一対象空間内に配された各部位の相対的位置関係を求めて、対象となった空間に映し出された全ての部位の立体データを得る手段を備えることを特徴とする請求項2記載の立体データ作成装置。

【請求項4】 前記静止画像をその静止画像内の各部位毎の複数のバットに分類し、各部位の立体データは、予め用意された複数の部位別立体データモデルの中から最も近いものに近似させてその立体データとして、前記静止画像から作成された立体データに加える手段を備えることを特徴とする請求項2又は3記載の立体データ作成装置。

【請求項5】 前記立体データに、前記静止画像からの色情報を移して、前記静止画像の色情報を含んだ立体データを作成する手段を備えることを特徴とする請求項2、3又は4記載の立体データ作成装置。

【請求項6】 任意の部位の立体データを別に用意された複数のサンプルから選んだ別の部位の立体データに置き替え、その部位が置き替わった対象空間をその視点から見た場合の画像を作成する手段を備えることを特徴とする請求項4又は5記載の立体データ作成装置。

【請求項7】 前記静止画像から作成された立体データから、平面図、配置図、立面図、及び視点と視線方向を任意に変えた場合の静止画像を合成する手段を備えることを特徴とする請求項2、3、4、5又は6記載の立体データ作成装置。

【請求項8】 連続して移動する視点、視線方向に従って、前記合成された視点と視線方向を任意に変えた場合の静止画像を順次表示し、対象となった空間を移動しながら見ているような動画像を作成する手段を備えることを特徴とする請求項7記載の立体データ作成装置。

【請求項9】 複数のカメラと、計測の対象となる物体の表面の複数の点を位置の異なる

複数の視点に位置するカメラから同時に計測すると共に、同じ空間に基準となる枠を置いて消点を計測してカメラの視点を読み、当該複数のカメラで撮影した画像から得られる基本構図を重ねて照合し、その多数の点の位置を特定して撮影の対象となった物体の立体データを作成する手段とを備えることを特徴とする立体データ作成装置。

【請求項10】 複数のカメラと、計測の対象となる物体の表面の複数の点を位置の異なる複数の視点に位置するカメラから同時に計測すると共に、同一空間の座標が既知の2、3又は4点からカメラの視点を読み、当該複数のカメラで撮影した画像から得られる基本構図を重ねて照合し、その多数の点の位置を特定して撮影の対象となった物体の立体データを作成する手段を備えることを特徴とする立体データ作成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】 発明の属する技術分野】本発明は、建築物、構造物、室内等の空間あるいは形状を計測する対象物を置いた空間を撮影した写真、描いたベースを読み取り、そこから得た画像情報を処理して、空間の立体データを作成する立体データ作成方法及び装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、与えられたある空間の立体データからそのベースを描く技法やコンピュータグラフィクスにより空間を移動しながら見ていくような仮想現実空間の作成システムなどの立体データ作成装置があったが、逆に任意の空間撮影写真やベースから、その対象となった空間の立体データを導き、配置図、平面図、立面図などを作成するシステムや装置はなかった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の立体データ作成装置では、任意の空間撮影写真やベースから、その対象となった空間の立体データを導き、配置図、平面図、立面図などを作成するものではないため、一枚の写真から、その対象となった空間を視点を変えて見た場合の画像を得ることはできず、また、そこに置かれた家具などを他の物に置き替えた場合を見たいとしても、リアルタイムの高い画像を得ることはできないという問題点があった。

【0004】また、従来のコンピュータグラフィクスでは、立体データを入力するために膨大な作業を要し、写真、ベースなどの画像情報を使って入力作業を簡略化することにも限界があり、また、図面が無ければ立体データを作成することもできないという問題点があった。また、リアルタイムを高めるために膨大な数のポリゴンを設定して計算するため、リアルタイムに移動する仮想現実空間を作成するには、極めて高速なコンピュータシステムを用いる必要があり、さらに、写真から各部位の大凡の位置関係、大きさはわかるものの、配置図、平面図、

立面図として、それらの位置関係、大きさを正確に捉えることもできないという問題点があった。

【0005】また、工業用の現存の3次元計測装置では、高い精度を求める装置の性格上、持ち運びが難しく、またパターングラジエータ自体に高い精度を求めるためコストも高くなり、カメラ座標と実際の空間座標を一体化させるために、画面上で6点を描みとり12元連立方程式を解いてカメラの位置を求める方法では、カメラの画像数が百数十万しかない現在においては、その構本屋敷が拡大してしまうという問題点があった。また、航空写真から地形データを取得する場合でも、同様に複雑な計算を行う結果、点の読みとり誤差が大きいという欠点が増幅され、測定精度上の問題点があった。

【0006】本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、写真やベースから簡単な構成、簡単な処理で精度良く、立体データを作成することのできる立体データ作成装置を提供することを旨とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】第1の発明に係る立体データ作成方法は、空間構造が未知の空間の静止画像を取り込み、その取り込んだ静止画像内の直線の位置関係に基づいて、静止画像に対する視点を作り出し、静止画像及び視点の情報に基づいて、静止画像内の空間構造の立体データを作成するものである。第2の発明に係る立体データ作成装置は、空間構造が未知の空間の静止画像を取り込む手段と、取り込まれた静止画像を空間の投影された画像として捉え、その静止画像内の直線の位置関係に基づいて、静止画像に対する視点を作り出す手段と、静止画像及び視点の情報に基づいて、静止画像内の空間構造の立体データを作成する手段と、作成された立体データを出力する手段とを備えるものである。

【0008】第3の発明に係る立体データ作成装置は、同一対象空間の視点の異なる静止画像の画像情報から得られた立体データを照合し、同一対象空間内に配された各部位の相対的位置関係を求めて、対象となった空間に映し出された全ての部位の立体データを得る手段を備えるものである。第4の発明に係る立体データ作成装置は、静止画像をその静止画像内の各部位毎の複数のバットに分類し、各部位の立体データは、予め用意された複数の部位別立体データモデルの中から最も近いものに近似させてその立体データとして、静止画像から作成された立体データに加える手段を備えるものである。

【0009】第5の発明に係る立体データ作成装置は、立体データに、静止画像からの色情報を移して、静止画像の色情報を含んだ立体データを作成する手段を備えるものである。第6の発明に係る立体データ作成装置は、任意の部位の立体データを別に用意された複数のサンプルから選んだ別の部位の立体データに置き替え、その部位が置き替わった対象空間をその視点から見た場合の画

像を作成する手段を備えるものである。

【0010】第7の発明に係る立体データ作成装置は、静止画像から作成された立体データから、平面図、配置図、立面図、及び視点と視線方向を任意に変えた場合の静止画像を合成する手段を備えるものである。第8の発明に係る立体データ作成装置は、連続して移動する視点、視線方向に従って、合成された視点と視線方向を任意に変えた場合の静止画像を順次表示し、対象となった空間を移動しながら見ているような動画像を作成する手段を備えるものである。

【0011】第9の発明に係る立体データ作成装置は、複数のカメラと、計測の対象となる物体の表面の複数の点を位置の異なる複数の視点に位置するカメラから同時に計測すると共に、同じ空間に基準となる枠を置いて消点を計測してカメラの視点を読み、当該複数のカメラで撮影した画像から得られる基本構図を重ねて照合し、その多数の点の位置を特定して撮影の対象となった物体の立体データを作成する手段とを備えるものである。

【0012】第10の発明に係る立体データ作成装置は、複数のカメラと、計測の対象となる物体の表面の複数の点を位置の異なる複数の視点に位置するカメラから同時に計測すると共に、同一空間の座標が既知の2、3又は4点からカメラの視点を読み、当該複数のカメラで撮影した画像から得られる基本構図を重ねて照合し、その多数の点の位置を特定して撮影の対象となった物体の立体データを作成する手段を備えるものである。

【0013】

【発明の実施の形態】まず、本発明の立体データの作成の原理及びデータ処理の概要について説明する。本発明は、撮影対象の空間構造が未知であるところに特長があり、従って、複数のカメラで撮影した画像を結合して、いったん写真からも空間構造を特定して、対象空間の全部または一部の3次元データを得て、そのデータを利用することによって様々な用途を開くことが可能となっている。

【0014】そして、写真、ベース、デジタル写真などの画像情報からその表している空間の立体データを得られれば、その配置図、平面図、立面図、天図などを作成することができ、視点、視線方向を変えた場合のデジタル写真、ベースを作成することが可能になる。

【0015】通常、室内空間、建築物、構造物においては、その壁面、天井、床などは地平面に垂直かつ水平に配され、それら相互も垂直かつ水平な位置関係にあり、その境界線は一本の直線で画像に現れている。即ち、それら相互の交差する角度がわかり、その境界線が画像上に見えることができるのは、この既知の角度と境界線の関係から推測しているからである。同様に、床、壁、天井などの部位の交差する角度を指定（通常は90度）し、2点透視図法ないしは1点透視図法、3点透視図法に基づいて

計算すれば、各部位及び視点の相互の位置関係を知ることができ、

【0016】さらに写真やパースに示されている画像情報の中に、その位置と長さや既知の線が一本あれば、全ての部位の長さ、大きさを知ることができる。また、家具、棚などの部位については、通常はその高さや壁面からの距離、壁面との角度などならぬからの情報は推測して補完できると、その推測して補完した情報に基づいてその位置関係をかなり正確に推定することができる。これによって、写真に写っている全ての対象物の相互の位置関係を推定し、その立体データを求めることができる。

【0017】また、同一対象を異なる複数点から撮影した写真や描いたパースの情報を照合すればより多くの立体データが得られ、且つ各部位の位置関係を推定情報を入力しなくても特定できる。また、単純な平面では構成されない部位、例えばソファやカーテンなどの立体データを写真などの2次元情報から取り出すことはできないが、予め用意された幾つもの立体データモデルから類似したものを選ぶことによって、最適な形状の物でもそれに近似した立体データを得ることができる。

【0018】また、元の画像情報を、各画像の色情報から各部位毎に分割しておけば、それぞれの部位を他の物に置き換えて画像に表示することによって、例えば室内のソファを別のソファに置き換えた場合のイメージを合成写真として見ることができ、この場合、置き換える画像データの立体データは先の立体データソファから選んだ近似したデータを用い、素材の色、素材感等は、それとはまた別に用意された素材ソファデータを用いる。

【0019】なお、この素材ソファデータは、色と模様を持つ平面的なデータの場合と、多数の3次元ポリゴン立体データによって素材感まで表すものである場合の両方が考えられる。

【0020】また、上述したように画像情報を各部位毎に分割する場合、画像毎の色データの変化を利用することで、その急激な変化のあるところを異なる部位の画像の境界線として捉え、画像を分割することができる。どの程度の変化を部位の異なる物の画像の境界線とするかは任意に定めることができるが、同じ部位でも影になっている部分と光が当たっている部分では色データが全く異なる値となり、逆に非常に似た色彩の物が重なって見えている場合には、その違いを判別しにくい場合もある。

【0021】そうした場合には、ある程度小さな色データの变化でも一旦異なる画像パーツに分別しておき、利用者が日常的に写真などを見る場合の判別基準によって、同一部位と見なされる画像パーツはそれが同一部位であることを入力してデータ化することは必要である。これによって、同一部位が複数面で構成されている画像

データ、例えばソファやカーペットなども、その各面の画像データを一旦それぞれ別に捉えながら、それら全て同一の部位であることをデータ化できる。

【0022】また、影の長さ、角度から、太陽光の方向や照明の位置なども導くことができ、この情報に基づいて、照明の位置を変えた場合や、太陽の位置が変化した場合の画像を合成することもできる。そして、得られた立体データに基づいて、視点と視線方向を変えて見た場合の画像を作成することができ、視点と視線方向を少しずつ変えて見た場合の画像を作成し、それらを連続的に表示することで動画画像を作成することもできる。

【0023】また、ポリゴン立体データを計算するのは、ある部位を他の物に変えた場合の画像を作成する場合であり、元の画像情報を用いる部分は当然に単純平面ないしは曲面をその立体データとして計算する。従って、視点が相当離れた場所に移動した場合は、実際の見え方と異なってくることも予想されるが、元の画像データが複数枚あれば、その視点に最も近い位置の画像データを扱うことで、比較的小さい計算量で合成画像を作成できる。

【0024】このポリゴン立体データの計算は少ないため、数多くの視点から見た場合の画像を作成してもコンピュータにかかる負荷は比較的少なく、動画をリアルタイムに作成することも可能になる。また、各部位の画像情報は実際の写真などを元にしていれば、その素材感まで忠実に表現することができる。

【0025】また、室内空間の画像では、通常は人の視点は天井と床の中間にあるため、2点透視図法に基づいて画像を作成することが適切と考えられる。また、屋外空間の場合は、人の視点は地面と建築物、構築物の中間にあり、3点透視図法では目の高さより下に位置する物は実際の見え方より大きく表現されてしまい、画像が歪む傾向にある。逆に2点透視図法では、目の高さより相対的に高い位置にある物は大きく表現されてしまい、画像が歪む傾向にある。従って、屋外空間の画像を作成する場合は、建築物の高さと視点との距離から、いずれかより適した方を選択することになる。

【0026】このように複数の視点から同一点を撮影した場合には、それらの画像から導かれる基本構図を照らして点の位置を照合して特定することができる。そうした点を多数設定することにより、撮影対象となった物体の形状を正確な立体データとして得ることができる。

【0027】そうしたシステムを単純な装置で、且つ少ない計算量で測定誤差も低減できれば、例えば2台のカメラを任意に置いて、低出力レーザー光を当てただけで済み、簡単に持ち運びできるシステムで行えば、持ち運びができないモニタなどの形状を立体データとして得られ、工業的に複製することが可能になる。さらに、対象物体の形状を高い精度で立体データとして得られれば、既に実用化されている金型などの製作装置を用

いて工業的に生産が可能になる。また少数の基準点のみを画像から読み出し、複数の画像を照合することにより、航空写真から地表の形状を立体データ化できれば、地表写真や地形模型を作成する方法としても応用できる。

【0028】次に、この実際の形態の立体データの作成の具体的な処理について説明する。図1は、本発明の実施の形態に係る立体データ作成装置の構成を示すブロック図である。図において、10はデジタル入力装置、11はスキャナ、12はカメラ、13はバーンプロジェクタ、20は画像処理コンピュータ、21は部位別立体データモデル、22は商品ソファデータ、23はバス・キッチン・ベッド、30はモニタ、31はプリンタ・プロッタである。まずは、この実際の形態の立体データ作成処理の概観について説明する。図2は、この実際の形態の立体データ作成処理の概要を示すフローチャートである。

【0029】まず、写真などで、立体データを作成する室内や屋外を撮影し(S100)、1点透視図法、2点透視図法、3点透視図法などの透視図法を選択する(S101)。そして、基準点を撮影し(S102)、S101及びS102での情報に基づいて、基本構図、視点の割り出しを行い(S103)、バウンディングボックスの撮影を行い(S104)、S103及びS104での情報に基づいて、各部位毎に分割しての立体データの設定を行う(S105)。そして、複数の画像による位置、高低差の照合を行い(S106)、基本構図への各部位の割り当てを行う(S107)。

【0030】そして、立体データへの色データの割り当てを行い(S108)、立体データの修正を行い(S109)、その後、継続するか否かを判断し(S110)、S110で継続しないと判断されると終了し(S111)、S110で継続すると判断されると、各部位の別けソファデータとの交換や、視点、視線方向、焦点の変更を行う(S112、S113)。そして、配置図、平面図、立面図の合成画像を作成し(S114)、その後、S110に戻るか、動画画像の作成を行う(S115)。なお、図2におけるS102、S104、S106での処理は、立体を計測して、立体モデルを作成するときに必要な処理であり、写真から空間構造を立体データ化する場合には必要ない。

【0031】次に、この実際の形態の立体データ作成処理の各処理での詳細について説明する。図3～図14は、この実際の形態の立体データ作成処理の各処理での詳細について説明するための説明図である。まず、室内や屋外を撮影した写真あるいは室内や屋外を描いたパースをスキャナ11等でデジタル画像データとして読み取る、あるいはデジタルカメラ12で撮影された写真の画像データを入力装置10で読み込む。読み込まれた画像の各画像の座標を(Xu, Yu)としたとき、その色デー

タを(Xu, Yu)とする。

【0032】第一段階では、読み込まれた画像から、画像処理コンピュータ20で視点、画像の位置と床、壁面、天井、地表などの空間構成を割り出し(これを基本構図と呼ぶ)、その基本構図に家具、カーテンなどの他の部位の位置を落としこみ、その各部位に立体データモデルから近似したものを選んで立体データを与えることにより、画像に表されている空間全体の立体データを得る。

【0033】以下、室内を撮影した画像を2点透視図法に従って処理した場合で説明し、屋外の場合、1点透視図法、3点透視図法の場合を後述する。まず、画像データから、図3に示したような、床に対し視点と水平な位置にある2視点Q点、R点、壁面と天井との境界線上にある任意の点J点とO点、床と壁面の境界線上にあり、且つJ点とO点から垂直に降りた位置にあるK点とP点、二つの壁面と天井の交差する位置にあるM点、二つの壁面と床の交差する位置にあるN点の位置を得る。

【0034】J、K、M、N、O、Pの各点の座標を位置をそれぞれ(Xj, Yj)、(Xk, Yk)、(Xm, Ym)、(Xn, Yn)、(Xo, Yo)、(Xp, Yp)とする。また、Q点、R点を(Xq, Yq)、(Xr, Yr)とする。なお、図3において、J点-K点の長さ(高さ)はHk、M点-N点の長さ(高さ)はHm、O点-P点の長さ(高さ)はHpである。

【0035】ここで、画像から各点の座標を読み取る方法は複数あるが、最も初歩的な方法は、モニタ上の該当する点にカーソルを合わせることで得る方法である。また、2本の線の交点として求めてもよい。線を結びとめる場合は、その線を構成する画像を抽出し、最小二乗法によって求めれば、構本誤差を低減できる。そうした線の交点として点を求めれば、かなり正確に読みとることができる。またこれを画像処理によって自動的に取り出しても良い。

【0036】そして、J点からP点までの6点が取り出されれば、2視点Q(Xq, Yq)、R(Xr, Yr)は以下の式から算出される。

$$\begin{aligned} X_q &= [(X_o - X_m) * (Y_p - Y_n) - (Y_p - Y_o) * (X_o - X_n)] / [(X_o - X_m) * (Y_r - Y_n) - (Y_r - Y_o) * (X_o - X_n)] \\ Y_q &= [(Y_o - Y_m) * (Y_p - Y_n) - (Y_p - Y_o) * (Y_o - Y_n)] / [(X_o - X_m) * (Y_r - Y_n) - (Y_r - Y_o) * (X_o - X_n)] \\ X_r &= [(X_j - X_m) * (Y_p - Y_n) - (Y_p - Y_j) * (X_o - X_n)] / [(X_j - X_m) * (Y_r - Y_n) - (Y_r - Y_j) * (X_o - X_n)] \\ Y_r &= [(Y_j - Y_m) * (Y_p - Y_n) - (Y_p - Y_j) * (Y_o - Y_n)] / [(X_j - X_m) * (Y_r - Y_n) - (Y_r - Y_j) * (X_o - X_n)] \end{aligned}$$

以上、上記の式は2線の交点を求める一般式であるため、以下の説明ではこのような算定式の解説は省略する。

【0037】ここで、Q点とR点は水平な位置にあるため、YqとYr、画像中央のY座標Y0は同じ値になる。このことから、J点からP点までの6点の位置がわかっている

れば、 Y_0 と Y_1 の値が異なるとき、縮みとった写真等が傾いては、 $Y_0=Y_1$ となるよう画像の中心を傾にして画像全体を回転させ、水平に修正する。また、J点とK点、M点とN点、O点とP点はそれぞれ垂直な位置関係にあり、値がそのようになつていない場合は縮みとり調整が予想されるため、適当な方法で修正する。最も簡単な修正方法の例は、 $X_J'=X_K=(X_J+X_K)/2$ 、 $X_M'=X_N=(X_M+X_N)/2$ 、 $X_O'=X_P=(X_O+X_P)/2$ 、 $Y_M'=Y_N$ 、 Y
 $n=3n$ とし、 Y_J' 、 Y_K' 、 Y_O' 、 Y_P' をそれぞれR-M線上、R-M線上、Q-M線上、Q-N線上に求める方法である。

【0038】また、消点Q、R及びJからPまでの6点の位置を求める方法は、直接求める方法の他に数値あり、入力した画像の状態から縮みとり調整の少ない最も適した方法を選択する。通常は、6点内の何点かは家具などの隙に隠れており、全部の点を直接求めることはできない。しかし、6点と2消点の関係は上記の関係式で関係づけられており、写真が水平に入力されておらずの縮みとり調整が無ければ、一部のデータが得られなくても、6点全部を算出することは可能である。6点を算出する方法は幾通りもあり、ここではその代表的な方法を示す。

【0039】図4を例に第一の代替方法を記す。 Y_0 と Y_1 は同じ値にため、J点、K点、O点、P点のどれか1点が欠けてもM点とN点を含む5点から消点Q、Rの座標を算出することができる。その結果として欠けた1点の座標を算出することができる。また、J点とK点、あるいはO点とP点は必ずしも垂直な位置にある必要はなく、例えばK点の代わりにK'点でもよい。

【0040】第二の代替方法を記す。M、N点が隠れている場合は、J、K'、P、J'、K'、P'の6点を隠れ出して、M、N点を算出しても良い。この場合、J点とK点は床に対し同じ垂直線上にあることが望まれるが、K'点がJ点の垂直下に位置しなくとも、K'点とM'点を結ぶ線上の $X_M=X_J$ となる点のY座標を求め、それをK点とすることで解決できる。

【0041】第三の代替方法を記す。K'、N点が隠れている場合は、J、M、O、Pの4点と天井高と撮影した視点の高さを入力することで5点を切捨てる。この場合、 $Y_M=Y_P=(Y_0+Y_1) \times (\text{視点の高さ}) / (\text{天井高})$ とすれば、K点、N点を導ける。同様に、天井高が分かっているれば、その高さが分かっている床(天井)と壁面に平行な線、例えばサイポート、部材の線を用いることで床面の位置を特定できるので、5点を導くことができる。

【0042】尚、通常 V_0 は画像中心のY座標 V_0 と同じ値となる。この値が異なるときは、画像の視線が床に対し水平でないと考えられ、その角度 ϕ は次の式で求められる。 $\sin \phi = (Y_0 - Y_0') / (Y_1 - Y_0)$
 ここで、画像の視線が床に対し水平でない場合は、画像

を3点透視図法として捉え、後述する方法に従って水平な視線の画像に変換して基本構図を求める。

【0043】また、配置図の基本構図(図3)にあるA点、B点、C点及び視点Sの座標 (X_A, Y_A) 、 (X_B, Y_B) 、 (X_C, Y_C) 、 (X_S, Y_S) は以下の計算式で算出される。壁面の交差する角度を θ° とする。通常は $\theta=90^\circ$ であり、その前提で配置図を想定すればよい。ここで Y_S は任意の値でかまわないが、図面をコンパットにまとめるために Y_J と Y_O の大きい方の値とする。 $Y_M=X_M(Y_J, Y$

【0044】 X_S は、通常は画像全体の中央の値を使う。これは、入力された画像が写した写真全体のものであることが前提となっている。画像が写した写真の一部のみ場合は、画像からデータを得て、画像の中心点の座標を使わずに、視点の位置を正確に求める必要がある。この場合は、A点とB点の距離、B点とC点の距離がそれぞれ分かっているか、そこに写されている家具などの水平面の2辺が分かっている必要がある。例えば、A点とB点の距離 l_{AB} 、B点とC点の距離 l_{BC} がそれぞれ分かっており、2辺が直交している場合、 X_S は以下の式で算出される。

【0045】 $O_1=X_S/X_C \cdot l_{AB}/l_{BC}$ 、 $O_2=(Y_S-Y_1)/l_{BC}$ 、 $O_3=X_O/l_{BC}$ 、 $O_4=(Y_0-Y_1)/l_{BC}$ とおくと、視点のX座標 X_S は次の式から導ける。
 $X_S = \{ (O_1 \cdot l_{BC})^2 - (O_3 \cdot l_{AB})^2 + X_A \cdot X_C \cdot (l_{AB}^2 - l_{BC}^2) - (O_2 \cdot l_{BC})^2 \} / \{ (O_1 \cdot l_{BC})^2 - (O_3 \cdot l_{AB})^2 + X_A \cdot X_C \cdot (l_{AB}^2 - l_{BC}^2) \}$
 視点のY座標 Y_S は次の式による。 $Y_S = Y_1 - \sqrt{[-(X_S - X_O) \cdot (X_S - X_C)]^2 + (Y_0 - Y_1)^2}$

【0046】壁面の交差する角度が 90° でない場合、その角度を入力して特定する必要がある。壁面の交差する角度を θ° 、 $\beta = \cot \theta$ として、
 $Y_0 = Y_1 - \{ \beta \cdot (X_S - X_O) + \sqrt{[\beta \cdot (X_A - X_C)]^2 - 4 \cdot (X_S - X_O) \cdot (X_S - X_C)} \} / 2$

【0047】歩きながら撮影した複数枚の街並みの写真から、建物のフアードの画像情報などを得てその街並みの立体データとして、その街を自由に歩き回ることができるようなバーチャルリアリティ空間を作成することができる。

【0048】また、街並みを撮影した画像では、隣接する建物が隠れており、地盤の高低差もあり、2消点透視図法の構図でありながら画像から得られるデータの制約上1消点しか算出できない場合も多いと思われる。この場合は、図11に示す例のようにその1消点を算出する基となった線と一定角度で交差する仮想線を画像上に求めることで対応できる。この2線の交差する角度は通常は地図上から求めることができる。仮想線は、画像中で抽出できた基本構図の線の交差角度を知ることができるものを選び、図11に示す例で示せば、O-O'線、P-P'線の交点から消点Rを求め、J-J'線の延長上

でQ点を求め、視点SからQ点、R点を結ぶ線の角度が θ° となるような $X=X_S$ 上の視点Sを求めることで、空間の基本構図が得られる。

【0049】そして、視点Sを割り出すことができるれば、街並みが曲がりくねっていたとしても、その建物それぞれが平面で構成されている限り、建物のフアードの曲がり具合を算出することができる。画像が対象としている空間の基本構図は地図からも分かるが、加えて視点と位置が分かる結果、画像中の各部位の情報を簡単に立体データと与えていくことができる。

【0050】図3に示された配置図上の位置と2点間の距離がわかっている画像上の任意の2点E(X_{E1}, Y_{E1})、E2(X_{E2}, Y_{E2})からA点とB点の距離でないいはB点とC点の距離を求め、それが $1/10$ 、 $1/20$ 、 $1/50$ 、 $1/100$ 、 $1/200$ など、利用者が希望する任意の縮尺になるよう α を定める。例えばA点とB点の距離が算出された場合、 α を以下の式により導く。
 $\alpha = [(A \text{点と} B \text{点の距離}) \cdot (\text{縮尺})] / [\sqrt{(X_{E2} - X_{E1})^2 + (Y_{E2} - Y_{E1})^2} \cdot (X_S - X_A) \cdot (X_S - X_B) \cdot (Y_{E2} - Y_{E1})]$

但し、 $l_{AB}=Y_{E2}-Y_{E1}$ 、 $l_{BC}=Y_{E2}-Y_{E1}$ 、縮尺の値は、モニタ、プリンタ等の出力装置、画面上の画像の配置レベルに合わせて適切な数値を与える。

【0051】B点とC点の距離が算出された場合、 k をPに組み替えて同様の計算式から α を導く。天井高が分かっていた場合は、 $\alpha = (\text{天井高}) \cdot (\text{縮尺})$ が定まると、A、B、Cの各点の座標は以下の式によって求められる。
 $X_A = \alpha \cdot (X_S - X_O) / (Y_J - Y_0) + X_O$ 、 $Y_A = \alpha \cdot \sqrt{[-(X_S - X_O) \cdot (X_S - X_C)]^2 + (Y_0 - Y_1)^2} + Y_1$
 $X_B = \alpha \cdot (X_M - X_O) / (Y_M - Y_0) + X_O$ 、 $Y_B = \alpha \cdot \sqrt{[-(X_S - X_O) \cdot (X_S - X_C)]^2 + (Y_0 - Y_1)^2} + Y_1$
 $X_C = \alpha \cdot (X_P - X_O) / (Y_P - Y_0) + X_O$ 、 $Y_C = \alpha \cdot \sqrt{[-(X_S - X_O) \cdot (X_S - X_C)]^2 + (Y_0 - Y_1)^2} + Y_1$

また各点の高さは視点の高さを0として、A点の上部、即ちJ点のA点上の高さ h_{AJ} は、 $h_{AJ} = (Y_J - Y_0) \cdot (Y_A - Y_0) / (Y_1 - Y_0)$ で求められ、同様にK点のA点上の高さ h_{AK} は、 $h_{AK} = (Y_K - Y_0) \cdot (Y_A - Y_0) / (Y_1 - Y_0)$ で求められる。他の点も同様にして求める。

【0052】また、J点とM点を結ぶ線とK点とN点を結ぶ線が平行の場合、画像は1点透視図法の構図となっている。二つの壁面が直交していれば、この場合はO点とM点を結ぶ線とP点とN点を結ぶ線の交点のX座標が視点のX座標 X_S となる。A点とB点の距離、C点とB点の距離が分かっているれば、 Y_S は以下の式で算出される。但し Y_S は任意の値、 X_S は画像中央の値とする。
 $Y_S = Y_1 + (B \text{点と} C \text{点の距離}) \cdot (X_S - X_M) \cdot (X_P - X_S) / [(A \text{点と} B \text{点の距離}) \cdot (X_P - X_M)]$

尚、A点とB点を結ぶ線とB点とC点を結ぶ線が直行せず、 θ° で交わっている場合は、 X_S は画像中央の値と

し、 $f = (A \text{点と} B \text{点の距離}) / (B \text{点と} C \text{点の距離})$ として、 $Y_S = Y_1 + (f \cdot X_P - X_S) \cdot \sin \theta / [f \cdot (X_P - X_M) / (X_S - X_M) - \cos \theta]$ で求められる。

$Y_0 = Y_S + (Y_1 - Y_S) \cdot (X_S - X_O) / (X_M - X_S)$ 、 $X_C = X_S + l_{BC} \cdot (X_S - X_O) / (X_P - X_S)$ 、 $Y_C = Y_S + (Y_1 - Y_S) \cdot (X_C - X_S) / (X_P - X_S)$ 、 $Y_0 = Y_0$ 、 $X_S = X_S + (X_S - X_O) \cdot (Y_0 - Y_1) / (Y_1 - Y_0)$ で求める。

【0053】次に3点透視図法の場合を説明する。建物を見上げながら撮影する場合、写真の構図は図5に示すように、上方にはまった構図となる。このような場合、3点透視図法による配置の割り出しが適する。まず、2点透視図法と同様に、2消点Q(X_Q, Y_Q)、R(X_R, Y_R)を求め、 $Y_Q=Y_R$ となるよう画像の中心点を軸に画像全体を回転させる。画像からのデータ入力が適切であれば、J点とK点を結ぶ線の延長、M点とN点を結ぶ線の延長、O点とP点を結ぶ線の延長は全て一点に収束するはずである。

【0054】しかし、実際は各点の入力誤差から微めにずれることが予測される。そこで、各2線の交点の座標の平均値(X_M, Y_M)を求め、このX座標を視点の座標 X_S (X_M)とし、更に2点透視図法と同様にして視点のY座標 Y_S を求める。尚、この X_S は、画像の中央値 O_X としてもよく、入力誤差が少ないと思われる方を選ぶ。ここで、画面の傾き、即ち撮影の際の仰角を ϕ とすると、 $\sin \phi = (Y_1 - Y_0) / (Y_1 - Y_0)$ となる。尚、この ϕ は $\sin \phi = (Y_1 - Y_0) / (Y_1 - Y_0)$ として求めてもよく、同じく入力誤差が少ないと考えられる方を選択する。

【0055】そして、3点透視図法の画像を以下の処理により2点透視図法の画面に変換する。新たに作成する2点透視図法の各点(X_M, Y_M)の色データ $CLD(X_M, Y_M)$ は、次の計算式に基づく3点透視図法の画面上の座標(X_R, Y_R)の色データ $CLD(X_R, Y_R)$ とする。
 $X_M = X_S + (Y_1 - Y_0) \cdot (X_R - X_S) / [(Y_1 - Y_0) - (Y_0 - Y_Q) \cdot \sin \phi]$
 $Y_M = Y_Q + (Y_1 - Y_0) \cdot (Y_R - Y_Q) \cdot \cos \phi / [(Y_1 - Y_0) - (Y_0 - Y_Q) \cdot \sin \phi]$

以下、2点透視図法の場合と同様にして、各部位の立体データを得る。

【0056】そして、第二段階では、先に得た空間の基本構図の上に、読み込んだ画像の各パーツの空間データを落とす。読み込んだ画像情報は、その部位毎に分割する。分割の方法は任意でよく、下記の方法の他、市販のソフトを用いてもよい。画像データは、色データの変化を利用して、図7に示すように投影のパーツに分解する。この場合、各パーツは平面A-B、B-C、天井、床、カーテン、家具、小物など各部位単位に分解することが望まれるが、各部位に落とされた他の部位の形、小さな線取りなど色情報の変化だけでは捉えきれない場合が出てくる。そこで、パーツに分解して認識するための色データの変化の基準を適当な値に定めて、さらに移らなっている部分とそうでない部分が別のパーツと認識さ

れた場合など、それを同一の部位であることをキーボード、マウスなどを入力することにより、各パーツが各部位に割り振られる。これにより、各部位はそれぞれ単一あるいは複数の画像パーツと関連付けられる。

【0057】家具などの立体情報は与えられていないため、使用者は各部位毎に、別に予め用意されている家具、カーテン、小物などの部位別立体データモデルの中から類似したものを選び、各部位に選んだ部位別立体データモデルを関連付けることにより、各部位の形状を決定する。但し画面上は、別の物への置き換えを行わない限り、元のデータのままで画像表示されている。部位別立体データモデルは、単純平面を組み合わせた場合と微細なポリゴン立体データの集合体で構成されている場合と2通りある。

【0058】また、部位別立体データモデルは立体データの相対的な位置関係を表すものであり、絶対的な大きさ、上下左右奥行きなどの位置を決定しているものではない。従って、各部位の部位別立体データモデルが選ばれた際は、その大きさ、上下左右奥行きのプロポーションは配置図、立面図上のデータから決定され、図8に示す例のようにその画像の空間に合わせて表示される。また、各部位の立体データには、初期値としてその高さなどの仮データが付けられている。

【0059】また、立体データモデルは、全体の大きさ、プロポーションだけでなく、その一部の大さき、プロポーションのみも変えることができるように設計しておくこと、より汎用性の高いものにできる。例えば、ソファであれば、背もたれの中央部分だけを周囲より高くできる、肘掛けの部分の厚みだけを柔らかいといったようにしておくことよい。壁面の窓枠などは、得られた立体データ空間において、画像に合わせて壁面の一部を直方体状に引き出す、あるいは奥へ引っ込めるといったような操作をできるようにしておくことで、精緻な立体データを容易に作成できる。立体データモデルの一部は、保存の3次元CG、CADソフトなどに納められているものを用いてもよい。

【0060】また、壁面、床、天井は図3に示す基本構図に従って配られる。初期段階では各部位は、平面図上で適当な位置に配られる。平面図上の部屋の隅が解つてくるため、各部位の3次元ポリゴン立体データは、その隅きに沿って位置し、且つ画像の形状に合わせて左右上下奥行きのプロポーションが定められる。更に、視点からの距離は、各部位の高さなどの仮データに従って仮決定される。

【0061】また、ある部位の画像から床や地表面に水平な直線を抽出できる場合は、その部位の当該空間における配置の向きが判別できる。即ち、この抽出した直線の当該空間における向きは、画像上のこの直線の延長線と $Y=Y_0$ で表される線との交点と視点とを結ぶ線と平行にある。もし、その延長線が $Y=Y_0$ と交わらない場合は、

その向きは画像に平行にある。このことを利用して、基本構図上に配置することもできる。従って、その抽出した直線の実際の長さ、例えばソファの幅やカーポートの奥行きなどから分かっているれば、1枚の画像だけではなくてもその部位の位置を特定できる。このことを利用して、各部位を基本構図上に配置することもできる。

【0062】また、カーテン、家具、小物などの部位は、一定の仮定条件に従って配置図上に示される。例えば、背の高い家具や応接セット、カーテンは壁に接して配られ、カーソル、キーボードからの入力によって、その位置（視点からの距離）を修正する。その際、各部位の大きさは、位置の修正に応じて元の画像に合致するように自動的に修正される。

【0063】同一視点あるいは比較的近い視点からの画像を合成する場合、こうした小物など一つ一つ個別に立体データを与える必要はなく、それらの画像を一つにまとめて $Y=Y_0$ 上に単純平面として立体データを与えてもよい。また、各部位別に、該当する位置に単純平面データとして立体データを与えることで、作業を簡略化してもよい。以上により、各部位の立体ポリゴンなしの単純平面立体データの3次元空間における座標及びその高さの座標が決定される。

【0064】そして、上記で位置が決定された各立体データの任意の点 (X_k, Y_k, Z_k) の色データは、その点と視点を結ぶ線と該当部位の画像の交点の色データとする。即ち、 (X_k, Y_k, Z_k) の色データは、画像上の $X_k=X_{int}(X_k-Z_k)/(Y_k-Y_0)/(Y_k-Y_0)$ 、 $Y_k=Y_{int}(X_k-Z_k)/(Y_k-Y_0)/(Y_k-Y_0)$ で求めた座標 (X_{int}, Y_{int}) の色データ $CLR(X_{int}, Y_{int})$ とする。立体データ上の点と視点を結ぶ線が当該部位の画像領域と交わらない場合は、とりあえず透明色を与えられる。

【0065】また、立体データの内、視点から見えないために画像に写っていない部分は色データが透明色となるが、当該部位の他の部分の色データを適当に流用すること、近似的に色データを与えることができる。これにより、上述したように組み込んだ空間を撮影した、あるいは描いた画像から、立体データモデルで近似されてはいるものの、対象となった空間全体の立体データが得られることになる。

【0066】壁面などは家具に隠れている部分も多いが、通常は壁面の素材、色は他の箇所と同じであるため、立体データで色データを持たない箇所と他の箇所の色データと同一のものを用いることで全ての箇所の色データを与える。壁紙に模様がある場合は、そのコピーする箇所を選ぶことで連続した模様とすることができる。

【0067】カーテンなどの複雑な形状の物の場合は、実際の画像はそのまま四角形の平面として立体データを与える。尚、実際の形状と四角形の合致しない箇所は色

データとして透明色を与える。新たに素材サンプルから選んだ立体データを得る場合は、その素材サンプルの色データをカーテンの立体データモデルの色データとして与えて、立体データを得る。家具などの場合は、近似させた立体データモデルに元の画像の色データを与え、他の家具の陰になつて見えなかった箇所は、色データを得た箇所から適当に色データをコピーして得る。

【0068】別途に様々な素材サンプル画像が用意されており、各素材サンプルの形状は先の部位別立体データモデルの一つを指定することによって、近似的に立体データが与えられる。例えば、ソファであれば、その布地のサンプル画像が色データとして与えられ、カーテンであれば、模様な壁色となっている前面はその画像をそのまま使い、側面はその一部の色データを繰り返し使うことにより、近似的に立体データに色データが指定される。使用者が素材サンプルから新たな素材とそれに関連づけられる部位別立体データモデルを選び、画面上の一つの部位と交換した場合、当該部位の立体データは新しく選ばれた立体データに置き換えられる。選んだ素材サンプルの位置を配置図上で指定して変更することも可能である。

【0069】各立体データモデルについて、元々素材サンプルデータとして内蔵されたもの、あるいはスキャナなどで得られた実際のテクスチャを反映したサンプルデータのテクスチャをどのようにして立体データモデルの各立体データに色データとして与えるか、その方式について予め決めておく。この方式については特に特定するものではない。既述のソファを用いることも可能であるし、一つの方法としては、立体データモデル毎にそのポリゴンを平面に展開するルール付けをしておく。その平面に展開されたポリゴンに商品サンプルデータの色データを移し、色データを持った各ポリゴンを先のルールと逆の手順で立体化していくやり方がある。

【0070】次に、立体データから配置図、平面図あるいは立面図を作成する手順を説明する。対象となる空間の立体データが得られれば、以下に示す以外に種々の臨面消去法を使つて市販のパーソナルリライの制作ソフトを用いることもできる。配置図、平面図を作成する場合は、立体データ (X_u, Y_u, Z_u) のZ軸の値が小さいデータから順にその $CLR(X_u, Y_u, Z_u)$ を取り出し、別に用意したフレイムの座標 (X_d, Y_d) の画像の色データ $CLR(X_d, Y_d)$ にその値を入れていき、後に同じ座標に他の色データの値が与えられたときは、色データが透明色でなければその新しい値としていくことで、配置図、平面図が作成される。

【0071】この場合、壁面は厚みを与えられていないため、予め適当な厚みを入力しておく。立面図を作成する場合は、別に用意したフレイムに以下の式によって座標系を変換した立体データ及びその色データを作成する。

$$X_k = X_{int} \cos \theta - Y_{int} \sin \theta, \quad Y_k = X_{int} \sin \theta + Y_{int} \cos \theta, \quad Z_k = Z_{int}$$

ここで θ は図4に示す例で言えば、壁面A-Bを背景とする場合は $\theta 1$ （負の値）、壁面B-Cを背景とする場合は $\theta 2$ （正の値）とする。

【0072】立体データのY軸の値が大きいデータから順にその $CLR(X_k, Y_k, Z_k)$ を取り出し、別に用意したフレイムの座標 (X_d, Y_d) の画像の色データ $CLR(X_d, Y_d)$ にその値を入れていき、後に同じ座標に他の色データの値が与えられたときは、色データが透明色でなければその新しい値としていくことで、立面図が作成される。

【0073】次に、書き換えられた立体データに対し、同一の視点から見た場合の画像、あるいは視点を移動し、視線方向を変えて見た場合の画像を作成する手順を示す。新たな視点 S' の座標を $(X_{S'}, Y_{S'})$ とし、視線方向を $\Delta \theta$ 変えたとして、元の各立体データの座標 (X_u, Y_u) を次のようにして新しい座標 (X_k, Y_k) に変換する。 $X_k = X_{int} \cos \Delta \theta - Y_{int} \sin \Delta \theta, \quad Y_k = X_{int} \sin \Delta \theta + Y_{int} \cos \Delta \theta, \quad Z_k = Z_u$ とする。また、視点 S' は $S''(X_{S'}, Y_{S'})$ に変換する。

$X_{S'} = X_{int} \cos \Delta \theta - Y_{S'} \sin \Delta \theta, \quad Y_{S'} = X_{S'} \sin \Delta \theta + Y_{S'} \cos \Delta \theta$

【0074】新たに求めた立体データ (X_k, Y_k, Z_k) から、 $X_k = X_{int} \sin \Delta \theta + Y_{S'} \cos \Delta \theta, \quad Y_k = Y_{S'} \cos \Delta \theta - X_{S'} \sin \Delta \theta$ として画像上の位置 (X_k, Y_k) を求め、そこに立体データの色データ $CLR(X_k, Y_k, Z_k)$ と同じ値を与えて画像を作成する。この場合、新たに作成された座標系での $(Y_k - Y_0)$ と元の座標系での $(Y_k - Y_0)$ とは同じ値とする。この値を少しずつ変えれば、カメラの焦点距離を変えていくのと同様の効果を得ることもできる。画像を作成する際は、奥の部位から色データを写し始め、後に同じ画像で異なる色データが与えられた場合は、その色が透明色でなければその新しい色データに変えるという操作によって、重ねて見えぬ部分が見え、実際に見た場合と同じ画像が作製される。

【0075】視点、視線方向を変えた場合、図9、図10を例に取ると、視点1から見た元の画像の部位fのd1-d2面の色データは、立体データの部位fのd3-d4面にコピーされている。視点2から見た画像を作成する場合、その画像の部位fのd5-d6面の色データはd3-d4面から取り出すことにより、ポリゴン立体データ計算をしないで元元の画像の質感まで忠実に反映した画像を作成できる。図10はこれを立面図で示したものである。このときのデータの交換の手順は上述した方法を用いる。

【0076】また、立体データモデルからポリゴン立体データ計算によって作成された画像も、元のデータモデルの形状が複数の単純平面に近似できるものであれば、その画像を元に、立体データモデルを単純平面のものに置き換えて、同様の方法で別の視点からの画像を作成す

ることができ、これによって、計算量を削減しつつ、質感のある画像を近似的に作成することができる。

【0077】連続する異なる視点から見た場合の画像を作成し、それらを順次表示していくことにより、一枚ないし複数枚の写真、パースからその室内を歩き回る映像を制作することができる。

【0078】同一室内の異なる2点の視点から撮影した写真から、上述した方法で配置図を作成してより正確に各部位の位置を定め、その各部位を照会して同一部位として捉え、共通しないデータを補充し合うことで、より広い範囲の情報を得ることが可能になる。図9に示すように複数の写真から作製された基本構図を照ね、全部の写真の座標系をその内の1枚の座標系に統一することによって、同一空間での視点の相互関係が確定する。

【0079】各視点から同一部位が見える方向は必ずずつ異なるが、どの視点からも共通する箇所が1箇所あり、そこがその部位の位置する座標であると特定することができ、その結果、当該部位の大きさも特定できる。また、各部位の立体データの内、1枚の画像からは色データが得られなかった箇所も別の画像に写っているところであれば、先に述べたと同じ方法により、色データを得ることができ。

【0080】別の言い方をすれば、2つの立体パース画像から同一部位の位置を照会してより厳密に設定することとて、測点を行なうべく多くの部位の位置関係を正確に知ることが可能になる。以上は、室内についての例で示したが、建築物を屋外から見た写真、パースの場合も同様である。この場合は、壁面を建物のフッパード、床を地盤、他の部位を欄干、塀などとして置き換えて考えればよい。

【0081】立体データ上の影の座標と、その形を落とすしている部位の座標とを結んだ線上に太陽や照明などの光源があると推定できる。即ち、これにより太陽の高さ、方向を割り出し、あるいはその線の延長上で三井から数十センチ下がったところを照明の位置として規定する。影になっているところとそうでないところの色データC10、Y、Bの値の違いがわかっていいため、光源の位置を変えた場合の影になる部分の変化を計算して座標を求め、影になつた箇所で光が当たったこととなった部分は色データとして光の当たっている箇所のC10の値を与え、影になつた部分には影の箇所のC10の値を与えることで、光源の位置、方向を変えた場合の画像を作成することもできる。

【0082】以上の画像処理コンピュータ20での処理によって得られた新たな平面図、立面図、合成された写真、パース、それらを連続した動画などの新たな画像をモニタ30に表示し、あるいはプリンタ、プロッター31に出力する。尚、立体データから得られた画像の座標は、元の画像のように均等な配列になっていないため、適当な方法を選択して均等な配列に修正して出力す

る。

【0083】現在のデジタルカメラでは、画像の数は多くても百数十万程度である。境界線や特定の点を抽出する際、画像数が限定されていることによる誤めとり誤差は避けることができない。しかし、境界線を特定する場合や交点を求める場合などは、その境界線を表す図案全体を抽出し、最小二乗法によってその誤差を小さくすることが可能であり、また最小二乗法によって導き出した線の交点を求めて、測定精度を高めることができる。この手法は一般に広くつかわれていいるところである。

【0084】また、色データの相違から境界線を求めるに当たっても、その境界線を直線あるいは曲線と想定して、その境界に位置する隣接する画像の色データが異なる画像群から最小二乗法によって境界線を求め、且つそれらの画像が求めた境界線を越えないような単位で画像をグループ化し直して境界線を修正することができ。上述したような基本構図の抽出の際も、その点を壁、床などの境界線を最小二乗法によって求め、その線上に修正して配すること、読みとり誤差を低減することができ。

【0085】また、複数の画像から得られた色データを持つ立体データを合わせて、より厳密な立体データとすることも可能である。即ち、その面の傾斜角度によって一のカメラ画像からは十分な色データが得られないものを他方のカメラ画像で補うことができる。

【0086】複数の視点から撮影した画像の基本構図を重ね、任意の点を複数の画像中で照会して同一対象と判断しその位置を特定する場合、画像中の色データの変化から自動的に判断していくことは、現状では誤り率が高いと考えられる。しかし対話型モデルであれば、画像中の色データの変化から計算によって自動的に判断したものを画面に表示し、それを人が確認することによって、誤りを排除しつつ作業を効率化できる。一の画面A上において色データが顕著に変化した点の位置は、他方の画面B上では、画面Aの視点と画像上の当該点を結ぶ延長線上にあることになる。従って、画面B上の当該延長線上にある点と、類似した色データを持つ点、及び類似した色データの変化をする点を求めれば、かなり高い精度で自動的に立体的な位置を確定することができる。その後得た複数あればそれら全部を表示し、人が選択することによって位置を確定すればよい。これによって、対象とした空間の立体データを迅速に得ることが可能になる。

【0087】また、図9に示すように、異なる二つの視点から撮影した写真から導いた空間を同一座標系に置いた場合に、撮影された空間の1点が、その二つの視点とそれの点を撮影した画像を結んだ線の交点にあることを利用して、複雑な形状の物体でもその二つの画像を解析すること、その撮影対象となった物体の形状を立体データとして得ることができ。その場合、既知の角度で接合した各辺の長さが既知の二つの長方形の枠を予め描

影しておけば、前述のようにその二つのカメラ画像から導かれる基本構図は同一座標系に設定できる。

【0088】また、2台のカメラの中間に照明を配し、予め一定角度で接する二つの長方形の枠を撮影して基本構図を求め、2台のカメラ画像の視点と対象空間を同一座標系に置き、対象物体に当てるスポットないしスリット光源の波長、幅、向き、位置などを定めた複数枚の写真をも2台同時に撮影し、写真の各画像単位にその複数枚の光の当たった縦線を空間コートとして与えれば、対象物体の表面を微細な領域に分割でき、その任意の領域を両方のカメラの画面上において画像単位あるいは少

$$\text{画像}n=N(a,y,a,b,c,d,e,\dots\dots\dots,p,q,r,s,t,u,v,\dots\dots\dots,C10)$$

但し、Nは画像番号、a、x、yは画像の座標、a以降はx軸方向の撮影回数の光の当たった、当たらないなどの情報、p以降はy軸方向の撮影回数の光の当たった、当たらないなどの情報、C10は色データの色データである。【0090】このように、光の波長、幅、向き、位置などの変更を工夫して多数回撮影を行えば、一のカメラの画像上での同一データを持つ画像の単位が小さくなり、物体表面を微細な領域に分割することができ。この手法については様々な方法が開発され実用化されている。

特にスリット光の投影によってグレイコードパターンを与え、手法は、一定方向にその数値が高まるという特性があり、後に述べる空間のサブピクセル化を容易にする優れた手法である。さらに、これを縦方向、横方向に使い分けると、空間を微細な領域に分けることができる。虹状の光パターンを照射し、画像毎にその波長を読みとれば、縦方向、横方向2回の撮影で、空間を完全にコード化できる。

【0091】また、画像中の各画像が得た空間コートは、形状が未知の対象物体の微細表面の画像情報を組み込んだ場合に、受動型計測においては2台のカメラの画像の持つ情報は一対一対応せず、光の照射箇所を読み込むような能動型撮影においてはその位置が画像の大きさだけ幅本誤差を生じる。そのため周辺の画像の状態から推定して、照会する画像上の位置を修正して定める必要がある。これについても既に実用化されているところであるが、この方法を先のスリット光源によるグレイコードパターンによる方法を例として示す。

【0092】画面上の当該画像の周辺にシャープエッジがなければ、その周囲を微細平面と仮定し、その画面の法線方向に空間コートの数値を軸とした微細3次元空間を仮定的に置いて、グレイコードパターンの空間コート値から最小二乗法により求めた平面を縦方向、横方向それぞれ設定し、当該画像の空間コート値と一致する線の平面投影線の交わる座標をその2次元の空間コートの値を持つ点の座標とする。この結果、2台のカメラの画像上でそれぞれ座標が得られることになる。それらの点とそれそれの視点の結んだ線の延長上で最も接近する点の座標を求め、その2点の中間点を当該画像の表す対象物体

*数の画像単位で同一か否か認識することができる。即ち、複数回の撮影に置いて、物体表面の任意の点に光の当たった、当たらないという情報が数値化されて蓄積され、その任意の点が他の点とデータ上から判別できることとなる。これを2台のカメラそれぞれその画像単位で照会することにより、物体表面の任意の微細な領域が2台のカメラで撮影した画像上で同一と判別することが可能になる。

【0089】例として、スリットパターン光を縦方向と横方向に分けて当てる場合は以下のようなコード化を行う。

の3次元座標とする。

【0093】最小二乗法によって仮想平面を求める場合に、シャープエッジに近いなどの理由により、その相関係数が一定値以下となる場合は、選択した周辺画像が適正でないと考えられるため、その平面から大きく異なる画像を除外できるように画像を選択する領域を狭め、計算し直す。計測対象物体の表面の微細領域を平面に近似させて考えられれば、このような方法や、単純に隣接する画像の値を比例配分して、空間をより細かくサブピクセル化できる。

【0094】本発明による手法に於いては、視点の位置を定めるためにサンプリングとして抽出する点は5ないし6点と従来の手法と同じであるが、その計算過程における加減乗除のステップ数が少なく、パラメータ自体の誤差を小さくできるという特長がある。上述したように消点を求める手順は、線状に読みとった多数の点から最小二乗法によって導いた線の交点を求めることに他ならない。元来幅本誤差を低減して1点を抽出する手続き自体が、そのような最小二乗法により求めた線の交点を算出することであるから、消点の算出あたったの幅本誤差の増大はないことになる。

【0095】視点の位置が決まれば、画像までの距離、いわゆる焦点距離も同じ消点と視点の座標から算定される。従って、本発明におけるパラメータ算定時の誤差の拡大は、消点から視点を求める手続きによるもの程度である。ちなみに、本発明におけるパラメータは、基本構図をおいた計測対象のある受動の3次元空間の座標系における視点及び画像面の座標である。カメラ画像の中心点の決定にあたっては、前もってカメラ個々に試験を行うことで、誤差を取り除くことができる。視点を求める際の誤差が小さければ、2台のカメラをそれぞれ独立して使ったシステムでも、画像の任意の点の読みとり誤差は許容しうとと考えられる。

【0096】上述したようなITVカメラとパターン光プロジェクトを用いた測定方法は優れたものであるが、プロジェクト自体に機械的な機構がない、歪みが少ないなど高い性能を求める必要が生じ、コストがかかる、容易に持ち運びができないなどの課題があった。

【0097】本発明による手法では2台のカメラ画像によって測定しているため、まずプロジェクタそのものの性能にそれは高いものを求めなくともよいという特長がある。これにより、プロジェクタに機械的な機構を用いても部材より駆動が大きくならず、スリット光源を縦横に使い分け、あるいはスリット光源ないしはスリット状の遮蔽物を縦横に走らせて画像部の特系列データによって空間をコータ化することによって、微細なスポット光源と同じ効果を少ない画数で得られるという効果が生じる。

【0098】また、スリット光源の歪みによる歪曲の影響も大きく軽減できる。さらに、2台のカメラで同時に撮影するため、ケースによっては撮影対象の色彩分布、反射率などの影響を受けにくくなるという利点が生じる。その結果、計測システムが安価となり、持ち運びも容易になり、移動できない計測対象を多数の角度から計測するに当たっても、基準立方体の代わりに長方形を一定角度で接合した特殊の基準体を撮影対象周囲に配して撮影することによって代用しうる。

【0099】さらに画像単位以下に空間をサブピクセル化するにあたって、双方の画像と視線を結ぶ線が3次元空間で交差するという条件によって2台のカメラ画像の標本領域を低減できる。同一座標系に置いた二つの視点とそれそれ(X1, Y1, Z1)、(X2, Y2, Z2)として、それぞれ視点と画像上の該当する点を結んだ線と、 $(\alpha * x1 + \beta * x2) / 2$ となるような α 、 β を設定する。ここで、 α 、 β は変数である。本来はその2線は交わるはずであるが、誤差は測定誤差、画像の歪みから微少にずれ違ふことが予想される。

【0100】従って、2本の線上の2点が相互に一番接近することとなる点の α 、 β を求め、その2点の中間値を交点に代用する。2点の距離の二乗を α 、 β という変数の関数と捉えると、その関数をそれぞれ α 、 β で微分した式が共に0となるような α 、 β を求める。

$$[0101] \text{即ち、} d1=a1^2+b1^2+c1^2, \quad d2=a2^2+b2^2+c2^2, \quad d3=a1*a2+b1*b2+c1*c2, \quad d4=a1*(X1-X2)+b1*(Y1-Y2)+c1*(Z1-Z2), \quad d5=a2*(X1-X2)+b2*(Y1-Y2)+c2*(Z1-Z2) \text{ とし、} \alpha=(-d2*d4+d3*d5)/(d1*d2-d3^2), \quad \beta=(d1*d5-d3*d4)/(d1*d2-d3^2) \text{ で} \alpha, \beta \text{ が求められ、その上でその交点の代用となる点を以下の座標とする。}$$

$$[(\alpha*a1+\beta*a2+X1+X2)/2, (\alpha*b1+\beta*b2+Y1+Y2)/2, (\alpha*c1+\beta*c2+Z1+Z2)/2]$$

【0102】そして、出来上がった立体データにおいて、隣接する複数のデータを適当な曲線、曲面を使って近似させ、この曲線、曲面を使ってさらにデータを微細化することにより、より滑らかな面を持つ立体データが得られる。それらの隣接した3点を線で結んでポリゴンとして設定することにより、計測した物体の立体データを近似的に得られる。3次元ポリゴンの大きさは任意に

定められる。

【0103】以上により、2台のカメラを用いることで、標本領域を低減しつつ安価なシステムで、且つ持ち運びも容易なものを用いて物体形状を立体データ化することが可能になる。当然に対象物体の一部を拡大して計測し、部分部分の立体データを合成して全体の立体データとすることにより、より詳細な立体データを得ることも可能である。これによって様々な家具、樹木、その他の形状が複雑な部材などについて、上述した立体データモデルを簡単に作成することが可能になる。

【0104】また、航空写真から地表画像を作成したり地図を閲覧する場合も、上述したと同様に座標が既知の座標の6点の座標から画像と地表の座標系を一致させる手法がある。しかし、画像上での当該6点の読みとりにあたって標本領域がある限り、12元方程式を解いてパラメータを決定しても、その煩雑な計算式により拡大した誤差を避けることはできない。航空写真の場合、受動型計測に依らざるを得ないためこの誤差を軽減する方法がなく、地表面の色彩情報の変化から座標が既知の点に照合する点を採るざるを得ないため、元データ読みとりの誤差が生じやすいという課題を持っている。特に2枚の航空写真から同一位置を特定する場合、その大きな誤差が重なるしまい、問題を大きくしてしまう。

【0105】そこで、より少ない地点の画像上の読みとりと比較的単純な数式によって視点の位置と視線方向、画像の位置を求めることができれば、標本領域から生じる影響を数段軽減することができる。

【0106】地表面に一つの平面にある二辺の長さが分かっている長方形を設定できる場合、その四隅A、B、C、Dの各点の座標を(Va, Za)、(Vb, Zb)、(Vc, Zc)、(Vd, Zd)として、A点とB点を結ぶ線の延長とC点とD点を結ぶ線の延長の交点をR点(Vr, Zr)、A点とD点を結ぶ線の延長とC点とB点を結ぶ線の延長の交点をQ点(Vq, Zq)を求め、Zr-Zqとなるよう画像の中心点を軸に画像全体を回転させる。そして、画像の中心の座標を(V0, Z0)とすると、視点のV座標Vaは、Vs=V0となる。また、図6に示される視点直下の座標Zsは次の式で求められる。

$$[0107] Zs=Za+(Vq-V0)*(Vr-V0)/(Zq-Z0)$$

視点から地上を見下ろす角度 ϕ は、 $\sin \phi = (Zq-Z0) / \sqrt{[(Vr-Vs)*(Vr-Vs)]}$ となる。尚、地表に設定した四角形が長方形でなく平行四辺形である場合は、A-B線とB-C線の交差する角度を θ^* 、 $\beta = \cot \theta^*$ として次の式から求める。

$$\sin \phi = \{ \beta * (Vq-Vr) + \sqrt{[\beta * (Vq-Vr)]^2 - 4 * (Vs-Vq) * (Vs-Vr)} \} / [2 * (Zr-Zs)]$$

【0108】航空写真、鳥瞰パース上の任意の点(Vw, Zw)の地表面の座標を(Xw, Yw)とすると、Xw=(Vw-Vs)*Zs/[(Zr-Zw)*cos ϕ]、Yw=(Zw-Zs)*Zs*tan ϕ /(Zr-Zw)となる。ここで、A点とB点の距離が分かっている場

合、 $f1=(Va-Vs)/(Zr-Za)$ 、 $f2=(Vb-Vs)/(Zr-Zb)$ 、 $f3=(Za-Zs)/(Zr-Za)$ 、 $f4=(Zb-Zs)/(Zr-Zb)$ として、Hsは次の式の値となる。ちなみに視点の座標は(0, 0, Hs)となる。

$$Hs=(A \text{点と} B \text{点の距離}) * \cos \phi / \sqrt{[(f1-f2)^2 + \{(f3-f4) * \sin \phi\}^2]}$$

【0109】尚、地表に設定した長方形に既知の傾斜がある場合は、一旦作製した立体データをその傾斜に従って変換して、地表に水平な立体データに交換する。地表に設定した長方形ないし平行四辺形がY軸を軸に δ Y°、X軸を軸に δ X°、H軸を軸に δ H° 回転した状態であれば、作製された画像の各点及び視点の座標(Xw, Yw, Zw)を以下の計算式から地平面に水平な座標系の座標(Xu, Yu, Zu)に変換する。

$$[0110] \begin{aligned} X2 &= Xw * \cos \delta Y - Yw * \sin \delta Y, & Y2 &= Yw * \cos \delta Y + Xw * \sin \delta Y \\ Y3 &= Yw * \cos \delta X + Z2 * \sin \delta X, & Z2 &= Z2 * \cos \delta X - Y3 * \sin \delta X \\ X3 &= X2 * \cos \delta H + Y3 * \sin \delta H, & Y3 &= Y3 * \cos \delta H - X3 * \sin \delta H \end{aligned}$$

【0111】以上の計算式は比較的地表面が水平な地形の写真から算出するときに適している。高層ビルから地上を撮影した場合などでは、鉄筋コンクリート造の建物が多く映し出され、地表面に適切なポイントを多く求められない場合が多いが、その一つの高さが既知のビルの屋上の画像を利用でき、この方法はそうした場合などにも適用できる。

【0112】地表面の高低が大きく、平面として平行四辺形のポイントが抽出できないときでも、地表面の位置と傾斜が既知のポイントが2ないし3点解つており、写真上でその箇所を特定できれば、以下の方法によって画像を地表面に変換し、複数の視点からの地表画像を照合することによって、地形を正確に特定できる。この場合、当然に画像の視線方向は下方に傾斜しているが、その際の画像の左右は水平に保たれていることが望ましい。即ち、カメラの両端を水平に保って撮影するか、画像中に水平な線を落とし込める機能を持つカメラであることが望ましい。後者の場合は、画像中心を軸に画像を水平に回転させてから計算する。

【0113】画像中にその正面に水平線を収められれば、それによって画像を水平に回転させられる。画像の左右を水平にして撮影できた否か不確かな場合でも、画像中に建物などから地平面に垂直な線を複数取り出せる場合は、そこから画像を水平に修正することができる。地平面に垂直な線を伸ばすと、読みとり誤差が無ければ複数の垂直線は画像中の1点で相互に交差する。これが(Va, Za)の点であるので、画像の中心点と結んで、その線が垂直になるように画像を回転させる。

【0114】画像の中心点を(V0, Z0)とおく。画像中心から上下に走る線をV=0とし、その地表面への投影線を地表面のY軸としてX=0を与え、地表のX座標、

Y座標を変換する。その結果の画像上の2点ないしは3点の座標をA (Va, Za)、B (Vb, Zb)、C (Vc, Zc)とし、それぞれに対応する地表面の座標をA (Xa, Ya, Ha)、B (Xb, Yb, Hb)、C (Xc, Yc, Hc)、視点の座標を(Xs, Ys, Hs)とする。座標が既知の2点から視点の位置等を求める場合は、以下の方法による。

【0115】図6の θ は、次の式から求める。

$$[0116] \sin \theta = (Ha-Hb) * \cos \theta = Za * (Za-Z0) / Va * Z0 * (Zb-Z0) / Yb$$

さらに、 $f1=Za/Va$ 、 $f2=Zb/Yb$ において、 $Zs=[f1*f2*a-f1*b]/(f1-f2) / \sin \theta$ 、 $Zq=[f1*f2*a-f1*b]/(f1-f2) / \cos \theta$ 、 $Zr=[f1*f2*a-f1*b]/\sin \theta$ 、 $Hs=[f1*f2*a-f1*b]/\cos \theta$ 、 $Xs=0$

【0116】数式の性格上、 $\sin \theta$ および $\cos \theta$ は2通りの解が得られるが、 $\cos \theta$ 、 $\sin \theta$ とともに正の値となるという条件から、撮影の際の概ねの撮影位置、高度、角度が分かっていると、適切な方を選択できる。画像からの座標の読みとり誤差と、画像が水平から若干傾いていた場合の誤差から、上記式から算出される値は誤差を含むが、カメラの焦点距離より画像と視点の距離Xが分かっていると、 $(Zq-Z0)/Zan = (Zb-Z0) * Zan = X$ となることを利用して、画像をその中心を軸として微少に回転させ、画像がより水平と特定される位置を求める。誤差を小さくすることができ。

【0117】3点から求める場合は、図6のXa, Za, θ 、Za, Hs, Ysは以下の式により求められる。

$$\begin{aligned} Xa &= 0, & fa &= Za/Va, & fb &= Zb/Yb, & fc &= Zc/Yc, & F &= fa*(fb-fc)/fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} \\ Zq &= (fa*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} \\ Zs &= (fa*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} \\ Zr &= (fa*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} \\ Hs &= (fa*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} \\ Xs &= 0 \end{aligned}$$

【0118】G=Hs*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb)とおいて、 $Zq=(fa*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} Zs=(fa*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} Zr=(fa*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} Hs=(fa*(fb-fc)+fb*(fc-fa)+fb*(fc-fa)/fc*(fa-fb) \text{ において、} Xs=0$

【0119】但し先の方法と同様に、画像からの読みとり誤差と画像が完全に水平でない場合はその誤差によって、上記の $\sin \theta$ と $\cos \theta$ は完全に整合が取れないことが予想される。この場合は画像と地表面の座標を微少に回転させ、下記の式を最も満たすよう、また $\sin \theta$ と $\cos \theta$ が整合をとれるよう画像の傾きを修正してより水平に近い状態を探し、誤差の少ない解を求めることができる。先の場合と同様にカメラの焦点距離が既知であれば、その条件も合わせて修正する。

【0120】 $Hs=2a*(2a-2a)*\cos\theta/\sqrt{a^2+2a-2a}*(2a-2a)*\cos\theta/\sqrt{a^2+2a-2a}*\cos\theta/\sqrt{a^2+2a-2a}$ これは、既知の2点から視点の位置を求める方法において、画像が水平でないとした場合及び地表面の座標が画像に合致しておかれていない場合の傾き角度を変数において、既知の座標の数を増やし、その傾きを求めることを近似的に行っているものであり、ある程度精度とり誤差が避けられない航空写真の性格上、また画像内に多数の座標が既知な点を得られない場合に、算定式を低次のものとし、誤差の拡大を最小限に抑える方法として有効なものと思われる。

【0121】画像上の任意の点の座標 (V, Z) は、次の式により、地表面と同一の座標系における座標 (X, Y, H) 変換される。

$$X=Y, Y=(Z-2a)\sin\theta, H=Hs-(2a-2)*\cos\theta$$

視点の座標と画像上の任意の点の座標が地表の座標系で与えられる結果、視点と画像上の任意点を結ぶ線の延長上の地表面の点をその座標に写込んだ点の地表上の位置として変換し、その点に当該点の色データをコピーすることにより、地表面の合成画像 (以下、地表画像という) が得られる。尚、この方式では地表面がほとんど水平な場合などは正確な数値が期待しにくく誤差が生じやすいため、先の方式とは逆に高低差がある程度大きい場合に適す。従って、地表面の状況に合わせ、二つの方式を選択していくことになる。

【0122】通常、地表面の各点は高低差があり、与えられた区域全体が水平であるか傾斜が一定していない限り、このようにして作製された画像は、地表面の位置関係を正確に反映していない。先に述べたように、この地表画像は地表面の高低差によって歪んだままなので、複数の視点から撮影した画像から得られた地表画像を照合することにより、その点の正確な位置と傾角を求め、地表面の正確な立体データとすることがある。

【0123】この場合、複数の画像から得た基本構図を重ねても、図12に示すように一般に地表面には高低差があるため、基本構図以外では対象物の位置が重ならない箇所が多く生じる。これを利用して、基本構図を設定した位置と対象物の位置の高低差を知ることができ。即ち、複数の航空写真から地表画像を作製し、それらを同一座標系で重ね合わせ、それぞれの地表画像毎に対象物の位置と視点とを結ぶ線を描くと、それらの交点が本来その対象物が存在する座標であり、その交点と一の地表図面の当該対象物の位置の差が高低差による歪みであると見なすことができる。

【0124】尚、この交点は基本構図から3次元空間では微かにずれ違ふことが予想されるため、上述したようにして求めることが望ましい。航空写真の座標 (Xa, Za) にある対象物の位置の地表図面上の差違がY軸方向にΔYあるとすると、基準とした長方形のある位置とその対象物の高低差は、 $-\Delta Y*(Za-Za)/\cos\phi/(2a-2a)$ と

なる。この両面画での同一点の照合作業は、上述した手法によって半自動化できる。この場合、点だけでなく、建物の壁面の直交する線を使うこともできる。

【0125】画面上の4点以上の座標から複数の3点の組み合わせを選んで、算出した視点の位置等の平均値を求めれば、基本傾斜を低減できる。2枚だけでなく、さらに多くの同じ地区を撮影した航空写真によって照合すれば、各画面での誤まりと誤差が薄まり、より正確な立体データが得られ、地表画像が作成できる。

【0126】尚、地表面に水平に撮影した画像も同様にして、この1枚として使え。この場合は、 $\theta=90^\circ$ になるため傾角が無限大となり、この式は使えず、別途の算式を用いる必要がある。即ち、視点は画像の中心点の直上で、高度は次の式によって求める。

$$Hs=(2a*Ys+2a*Yb+2a*Yc)/(Ys+Yb+Yc)$$

しかし、各点の実際の位置は、画像の中心点と画像上の当該点を結ぶ線の地表投影線上、あるいはその延長線上にあるので、これと他の画像を重ね合わせれば、同様にして各点の正確な座標を求めることができる。

【0127】この方式によれば、隣り合う写真の視点をそれぞれ異なる3点から求めても、その1対の写真から得られた地表画像を同一の3次元座標系におけるため、その重なる部分について、任意の点の正確な位置と傾角を求めることができる。

【0128】また、多数の点の地表面上の位置と傾角を確定することにより、隣接する3点を結んでポリゴンを作り、それらのポリゴンで地表面を近似的に表現する立体データが得られる。即ち、元の画像の3点、A、B、Cの座標 (Xa, Ya, Za), (Xb, Yb, Zb), (Xc, Yc, Zc) は、修正された3点、A'(Xa', Ya', Za'), B'(Xb', Yb', Zb'), C'(Xc', Yc', Zc') に変換される。さらに三角形ABC内の各点は修正された三角形A'B'C'内に変換し、その色データを移すことにより、地表面の正しい地図が作製される。このとき、変換された各点は色データと共にその位置の傾角もデータとして持つことになる。

【0129】図13に見るように、元の画像の各点 (画像) は、視点とその点 (画像) を結ぶ線と、三角形A'B'C'の交点にそれぞれ、その立体データの座標に当該点の色データが与えられる。地表画像 (地図) は、この立体データの内、X座標とY座標のみを抽出して作成する。

【0130】修正された立体データの各点は、元々の画像のように均等に配列されていない。画像を作成する上では、それらの情報から、均等に配列した画像毎に色データを割り当て、地表画像を作成する。地表面の高低差に對し各ポリゴンが十分に微細であれば、作成された画像は歪みの少ないかなり正確なものが作成される。

【0131】前項において、各ポリゴンの変換は地表面の起伏をなぞるようにしてなされる。従って、傾斜があ

る地点では、建物、構築物、樹木など (以下、建物等という) の画像までが地表面の傾斜に併せて修正されていることになる。当然に各建物等は地表面の傾斜に併せて修正されるべきではないので、前項の変換手続きの前に元の画像を切り取って別に保存しておき、最終的に作成された地表画面上にはめ込むことになる。

【0132】建物等の画像は、F1点とF2点の傾角差を考慮し、視点との高低差に比例してその大きさを修正し、図14の例のように、立体形状に修正して立体データを定める。通常の建物等は、壁面が垂直に構成されているため、壁面の下部の位置の直上に屋根があることになり、それを利用して、建物の形状と位置を特定することができる。地表画像に建物等を配した場合、その屋根部分の画像のみが描かれる。同時に、視点から建物の隅になつて見えなかつた所には色データが与えられないことになるが、最も近い周辺の地表面の色データを近似的に与え、これをもって代用することとする。尚、複数の視点からの画像情報によって、この点を補うことも可能である。

【0133】以上、各項において様々な算出方法を示したが、それらの算出方法を相互に他の項の算出方法に応用することもある。即ち、上述した2台のカメラの中間に照明を配し、予め一定角度で接する二つの長方形の枠を撮影して基本構図を求めて、物体の平面データを求める手順では、上述した、地表面に一つの立体にある二辺の長さが分かっている長方形を設定できる場合や、地表面の位置と傾角が既知のポリゴンが2ないし3点解つており、写真上でその箇所を特定できる場合の算出方法を用いれば、基準枠を使わなくても、3ないし4箇所をピンポイントで測定した位置データに基づいて視点等の位置を定めることができる。

【0134】室内空間を撮影した写真から読みとる場合も、その中に相対的な位置関係が分かった1平面にない3点、例えば相互間の距離が既知の天井と壁面の境界線にある2点と床上の1点といったようなものを確認できれば、視点の位置を定められる。建物に張り付けられたモニメントなどを計測する場合は、基準枠に代えて、その建物の壁面上の線などを使ってもよく、長さも一辺が分かればよい。

【0135】この実施の形態では、写真やパースなどの静止画像から簡単な構成、簡単な如理で精度良く、立体データを作成することができるので、家具などを購入する場合、家にいてカタログなどを見ただけでは、その使い勝手を体感することができないとともに、部屋にない場合、家にどんな雰囲気になるかを把握することもできない。家具店に行つて実物を見れば、その使い勝手は体感できるが、自分の家に置いた場合の状況、壁紙、カーテン、他の家具との取り合わせなどを想定することは難しいが、家具店に、この実施の形態の立体データ作成装置があり、購入予定の家具を置こうと考えている場所の

写真を持っていけば、家具を選んだその場で、部屋にそれを置いた場合の画像を見ることができ、納得して家具を選ぶことが可能となる。

【0136】また、建物をリフォームする場合も、現在の外観写真から、どうリフォームしたらどんな見え方になるかを予め合成写真で見ることができ、一枚ないし数枚だけの室内写真から、その部屋を歩き回っている映像を作り出すことも可能である。

【0137】街並みの立体データを得ることができれば、見知らぬ街の街並みを歩き回る仮想旅行体験や、そうした実際の街を舞台としたゲームをリアルに高く実現できる。

【0138】また、膨大な数のポリゴン立体データを基に、移動する視点から視線方向を少しずつ変えた動画画像を作成する場合、その膨大な数のポリゴン立体データ計算を行つて作成する画像を数枚の内一枚だけとし、残りの画像は本発明の手法に基づいて作成することで、コンピュータの負荷を軽減し、リアルタイムにリアリティの高い動画画像を近似的に作成することも可能になる。

【0139】また、複数の枚の画像から得られた立体データを照合すれば、屋内はもちろんのこと、屋外においても多数の構造物や構築物の位置関係を測量することなく配置していくこともでき、形状の複雑な物体でも、その周囲に直方体状の枠を配して、その枠と当該物体を同時に画像に収めることで、当該物体の複雑な形状を立体データ化することも可能である。

【0140】この実施の形態の優れた特徴は、撮影する際のカメラの角度や焦点距離についての詳細な情報を予め必要としない点である。複数の視点から撮影された画像が、同一対象を同一状態で撮影されたことと既知であれば、立体データを導くことができる。従って、航空写真を撮影する場合や屋外の複雑な形状の物体を撮影する場合も、持ち運びの容易な、簡易なシステムで目的を達することができ。必要とされるのは、画像中央の点を視線のベクトル上に置くことが望ましいため、カメラのレンズに對し画像を収めるファームや露光の露出に誤差が生じないという性能程度である。

【0141】また、複雑な形状の物体の3次元計測、計測精度を低減しつつ、持ち運び可能な簡単な装置で行えるようになり、先に述べた部位別立体データモデルを容易に作成でき、座標の読みとり誤差による影響を少なく抑えて複数の航空写真から地表面の立体データを得ることも可能である。航空写真から立体データを得られれば、その地域の高低差情報を含む断面図を現地の作業を省いて作成することが可能となる。

【0142】【発明の効果】以上のように、本発明によれば、空間構造が未知の空間の静止画像を取り込み、その取り込んだ静止画像内の直線の位置関係に基づいて、静止画像に對する視点とを割り出し、静止画像及び視点の情報に基づい

て、静止画像内の空間構造の立体データを作成するようにしたので、写真やパースなどの静止画像から簡単な構成、簡単な処理で精度良く、立体データを作成することができるという効果を有する。

【0143】また、同一対象空間の視点の異なる静止画像の画像情報から得られた立体データを照合し、同一対象空間内に配された各部位の相対的位置関係を求めて、対象となった空間に映し出された全ての部位の立体データを得るようにしたので、屋内はもちろんのこと、屋外においても数多くの植栽や構造物の位置関係を測量することなく配置図に見ることもでき、形状の複雑な物体でも、その周囲に直方体状の枠を配して、その枠と当該物体を同時に画像に収めることで、当該物体の複雑な形状を立体データ化することができるという効果を有する。

【0144】また、静止画像をその静止画像内の各部位に母の複数のパーツに分類し、各部位の立体データは、予め用意された複数の部位別立体データモデルの中から最も近いものに近似させてその立体データとして、静止画像像から作成された立体データに加えるようにしたので、静止画像内の各部位の立体データを容易に作成することが可能となる。

【01445】また、立体データに、静止画像からの色情報を移して、静止画像の色情報を含んだ立体データを作成するようにしたので、立体データに色情報が付け加えられる。立体データを表示したときに、見やすくて正確であるという効果を有する。また、任意の部位の立体データを別に用意された複数のサンプルから選んだ別の部位の立体データに置き換え、その部位が置き替わった立体空間をその視点から見た場合の画像を作成するようになったので、いろいろな空間構造の立体データを簡単に作成することができるという効果を有する。

【0146】また、静止画像から作成された立体データから、平面図、配置図、立面図、及び視点と視線方向任意に変えた場合の静止画像を合成するようにしたのを、静止画像から簡単に平面図、配置図、立面図等を作成でき、その視点、視線方向を任意に変えた立体画像を少くない処理で作成することが可能となる。また、連続して移動する視点、視線方向に従って、合成された視点と視線方向を任意に変えた場合の静止画像を順次表示し、対象となった空間を移動しながら見ているような動画を作成するようにしたので、静止画像から作成した立体データを動画画像として見ることができるといふ効果をする。

【0147】また、計測の対象となる物体の表面の複数の点を位置の異なる複数の視点に位置するカメラから同時に計測すると共に、同じ空間に基準となる枠を置いて点を計測してカメラの根拠を求め、当該複数のカメラで撮影した画像から導かれる基本構図を撮って照会し、その多数の点の位置を特定して撮影の対象となった物

の立体データを作成するようにしたので、簡単な構成で、カメラの設置条件を厳しくしなくても、解像度の良い立体データを作成することができるという効果を有する。

【0148】また、計測の対象となる物体の表面の複数の点を位置の異なる複数の視点に位置するカメラから同時に計測すると共に、同一空間の壁面が既知の2、3又は4点からカメラの視点求め、当該複数のカメラで撮影した画像から導かれる基本構図を重ねて照合し、複数の点の位置を特定して撮影の対象となった物体の立体データを作成するようにしたので、同一空間の2、3又は4点の壁面が既知であれば、簡単な構成で、撮影の対象となった物体の立体データを作成することができるという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る立体データ作成装置の構成を示すブロック図である。

【図2】実施の形態の立体データ作成処理の概要を示すフローチャートである。

【図3】実施の形態の立体データ作成処理の各処理での詳細について説明するための説明図である。

【図4】実施の形態の立体データ作成処理の各処理の詳細について説明するための説明図である。

【図5】実施の形態の立体データ作成処理の各処理の詳細について説明するための説明図である。

【図6】実施の形態の立体データ作成処理の各処理での詳細について説明するための説明図である。

【図7】実施の形態の立体データ作成処理の各処理の詳細について説明するための説明図である。

【図8】実施の形態の立体データ作成処理の各処理での詳細について説明するための説明図である。

【図9】実施の形態の立体データ作成処理の各処理での詳細について説明するための説明図である。

【図 10】実施の形態の立体データ作成処理の各処理の詳細について説明するための説明図である。

【図 11】実施の形態の立体データ作成処理の各処理の詳細について説明するための説明図である。

【図 12】実施の形態の立体データ作成処理の各処理の詳細について説明するための説明図である。

【図 13】実施の形態の立体データ作成処理の各処理の詳細について説明するための説明図である。

【図 14】実施の形態の立体データ作成処理の各処理の詳細について説明するための説明図である。

【符号の説明】

10 テジタル入力装置

10 スキヤナ
11 カメラ

12 バター
13 バタープロジェクト
20 画像処理ソフトウェア

21 部位別立体データモデル

特開2000-76453

22 商品サンプルデータ
23 マウス・キーボード

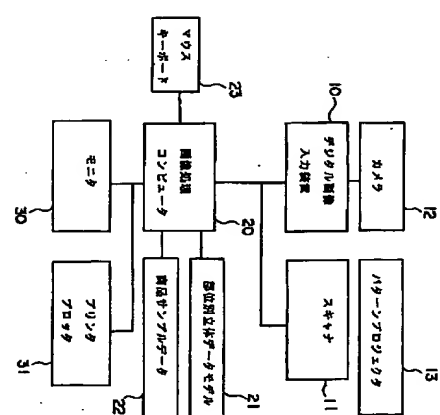
【圖1】

【图2】

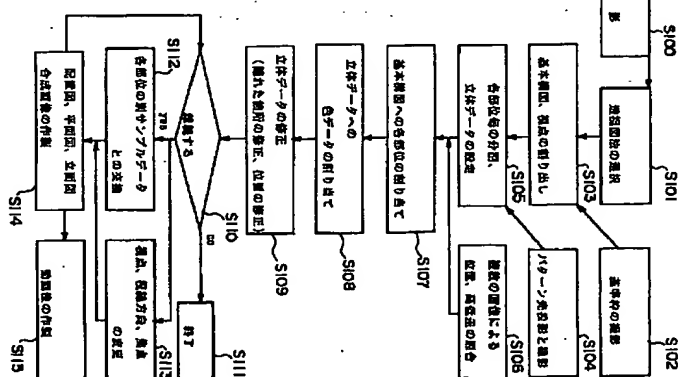
30 モニタ
31 プリンタ・プロッタ

32

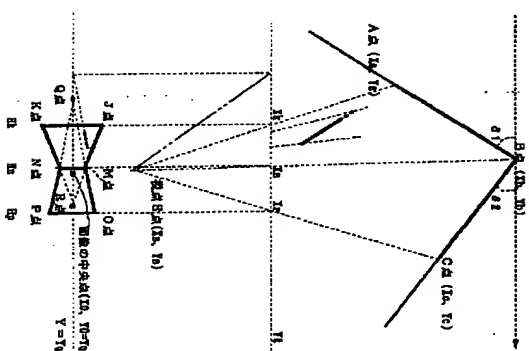
特開2000-76453



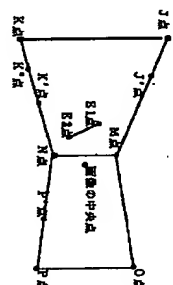
【圖1】



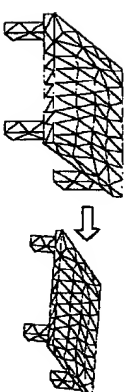
【图2】



【图3】

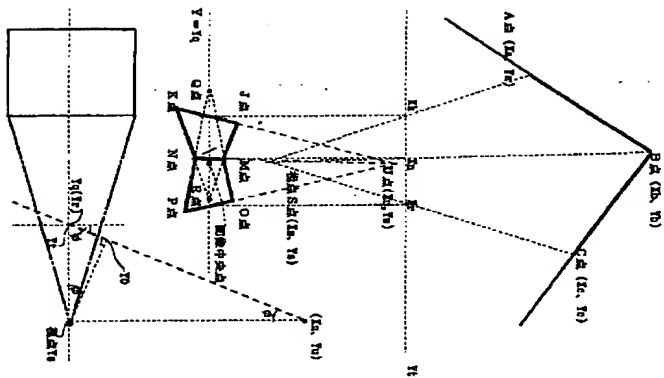


【図4】

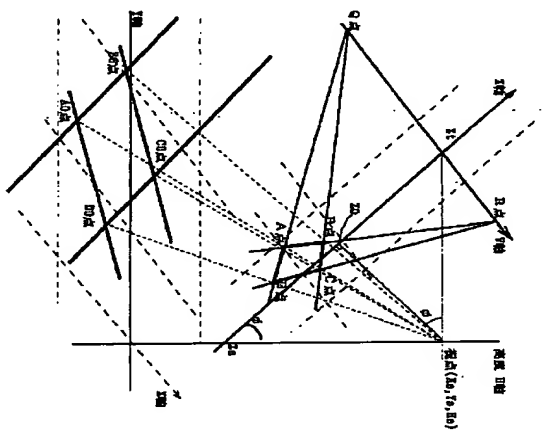


【8】

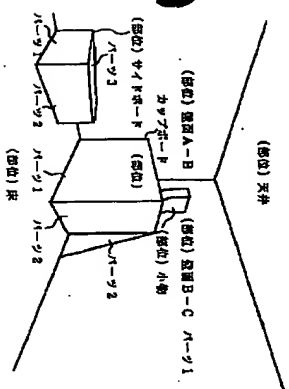
【図5】



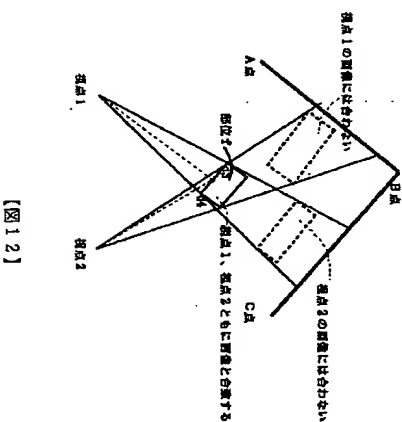
【図6】



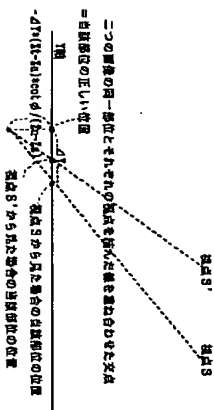
【図7】



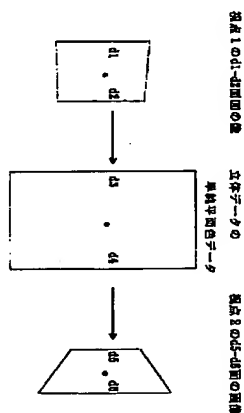
【図8】



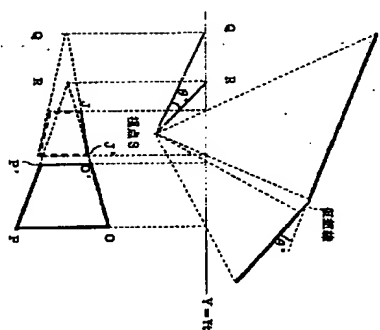
【図9】



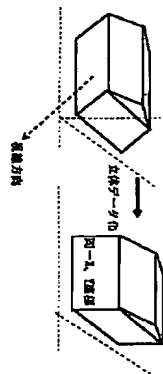
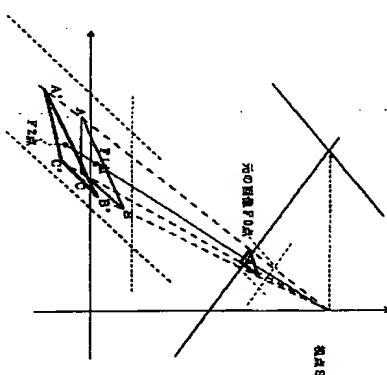
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

Ｆターム（参考） 27065 AA04 BB05 PP04 PP05 JJ03
JJ06 JJ19 JJ26 QQ31 UU05
5B050 AA09 BA06 BA09 BA11 BA13
BA15 DA02 DA04 BA05 BA24
BA27 BA29 PA06
5B057 AA01 AA13 BA02 CA01 CA08
CA12 CA16 CB08 CB13 CC01
CD01 CD14 CE08 DA07 DA17
DB02